

Analisis Sifat Magnet Dan Mekanik Pada *Permanent Bonded Magnet Pr-Fe-B* Dengan Matriks Bakelit

Tian Havwini^{1)*}, Syahrul Humaidi¹⁾, Muljadi²⁾

¹⁾Departemen Fisika, Universitas Sumatera Utara
Kampus Padang Bulan, Medan, 20155

²⁾Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Kawasan Puspiptek, Tangerang Selatan, 15314

*Email : havwini@yahoo.com

ABSTRAK

Magnet *bonded* merupakan magnet komposit yang dibuat dari serbuk magnet dan dicampur dengan bahan perekat (*binder*) yang bersifat non-magnet. Proses pembuatan magnet permanen *bonded* Pr-Fe-B dengan matriks bakelit dilakukan dengan mencampurkan serbuk magnet *Praseodymium Iron Boron* (Pr-Fe-B) komersil tipe MQP 16-7 dengan perekat menggunakan mortar. Komposisi bakelit sebesar 2, 4, 6 dan 8 % berat dari massa total sampel 8 gram. Campuran ini kemudian dicetak dengan metode *dry compression moulding* dengan tekanan sampel 5 ton dan dikeringkan pada temperatur 150°C selama 2 jam. Karakterisasi sifat magnet dilakukan dengan pengukuran kuat medan menggunakan *Gaussmeter* dan kurva histeresis menggunakan *Permagraph*. Kuat tekan diukur menggunakan *Universal Testing Machine* dan kekerasan diukur dengan metode *Brinell*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan komposisi bakelit maupun epoksi resin meningkatkan kekerasan dan kuat tekan secara kualitatif namun menurunkan sifat magnet. Sifat magnet terbaik pada komposisi berat serbuk bakelit 2 % berat, menghasilkan nilai kuat medan = 1186 gauss, $B_r = 6.63$ kG, $H_{cJ} = 6.962$ kOe, $BH_{max} = 7.98$ MGOe, kekerasan = 42.2 BHN dan kuat tekan = 101.4 MPa,

Kata Kunci : Magnet *Bonded* Pr-Fe-B, Bakelit, Sifat Magnet, Kekerasan, Kuat Tekan

ABSTRACT

Bonded magnet is composite magnet material made by mixing magnetic powder with non-magnetic binder. Bonded permanent magnet Pr-Fe-B with bakelite matrix made manually by mixing powder of Praseodymium Iron Boron (Pr-Fe-B) commercial MQP type 16-7 with binder by using mortar. The composition of bakelite powder was varied at 2, 4, 6 and 8 weight% respectively from each 8 gram total mass. Then this mixture was pressed by using dry compression moulding method with pressure 5 ton and dried at 150°C for 2 hours. Magnetic properties were characterized by measuring flux density using Gaussmeter and hysteresis loop by using Permagraph. While compressive strength was characterized using Universal Testing Machine and hardness was characterized using Brinell hardness method. The results showed that increasing portion of binder would increase hardness and compressive strength qualitatively but decreased the magnetic properties. The best magnetic properties value obtained for the 2 weight% composition of bakelite and the value of flux density = 1186 gauss, $B_r = 6.63$ kG, $H_{cJ} = 6.962$ kOe, $BH_{max} = 7.98$ MGOe, hardness = 42.2 BHN and compressive strength = 101.4 MPa.

Keywords : *Bonded Magnet Pr-Fe-B, Bakelite, Magnetic Properties, Hardness, Compressive Strength*

1. PENDAHULUAN

Di dunia yang modern dan terus berkembang ada kebutuhan untuk menemukan material baru yang memiliki

sifat-sifat lebih baik dan tentu saja dapat diproduksi dengan biaya yang murah. Ada kebutuhan akan material baru yang memiliki fungsi baru juga sifat-sifat yang unik. Ini sangat berhubungan satu sama lain dengan

perkembangan elektroteknik dan industri elektronik yang menggunakan material magnet modern. Berbagai penelitian dilakukan untuk mendapatkan material baru atau mengembangkan yang sudah ada dengan mengubah komposisi, struktur atau teknologi pembuatannya [1].

Kebutuhan dunia akan magnet pada umumnya dan magnet permanen pada khususnya menunjukkan perkembangan yang cukup pesat. Dapat dilihat bahwa pada tahun 1990 hingga 2000 konsumsi magnet meningkat mencapai 12,2% tiap tahunnya. Magnet permanen banyak digunakan pada televisi, telepon, komputer dan komponen mobil [2]. Sampai saat ini di Indonesia produk magnet khususnya magnet permanen yang ada dipasaran 100% masih berbasis impor. kebutuhan magnet permanen di Indonesia sangat tinggi dan menempatkan Indonesia menjadi pasar nomor 2 dunia [8].

Penelitian terbaru dalam bidang komposit material magnet berbasis paduan RE-Fe-B diarahkan menuju empat tujuan dasar: meningkatkan energi magnetik, yang berarti mengoptimalkan kapasitas magnetik; meningkatkan ketahanan terhadap korosi; optimalisasi proses produksi pada parameter proses; dan mengurangi substansi bahan magnet tanah jarang, tujuannya adalah mengurangi harga produksi dari material magnet akhir, tetapi tetap menjaga nilai yang tinggi dari energi produksi maksimum. Penerapan berbagai teknik proses dalam proses produksi magnet *bonded*, memberikan kemungkinan untuk pemanfaatan berbagai bubuk magnetik dalam kombinasi dengan bahan polimer yang berbeda sebagai zat pengikat. Pengembangan teknologi *bonded*, mengeksplorasi kemungkinan aplikasi dari berbagai tipe variasi dari serbuk magnet dan matriks polimer, menguji pengaruh polimer tersebut, misalnya pengaruh terhadap parameter proses, untuk mencapai kapasitas mekanik dan magnetik yang optimal adalah fokus penelitian tentang magnet *bonded* beberapa tahun terakhir [3].

Material magnet *bonded* polimer adalah yang paling cepat pertumbuhan pada pasar magnet. Alasan dari pertumbuhan

yang begitu cepat ini adalah meningkatnya kebutuhan pasar akan magnet *bonded* polimer yang banyak digunakan untuk motor kecil pada *video recorders*, *camcorders*, *printers*, otomotif, dan *portable drills*. *Bonded* magnet pada umumnya dibuat dengan mencampurkan serbuk magnet dengan polimer kemudian dikompaksi atau dicetak untuk mendapat bentuk akhir. Karena keberadaan polimer ini maka sifat magnet dari magnet *bonded* akan selalu lebih rendah daripada magnet sejenis yang dibuat dengan metode lain (bukan *bonded*). Meskipun demikian, dua keuntungan besar dari magnet *bonded* adalah sifat mekanik nya yang sangat baik dan fakta bahwa magnet *bonded* dapat dibuat pada kondisi basah [4].

Material magnet komposit memiliki banyak keuntungan terutama teknologi yang sederhana, memungkinkan untuk membentuk sifatnya, biaya produksi yang lebih rendah dan sedikitnya bahan yang terbuang karena mudah dibentuk dalam berbagai bentuk [1].

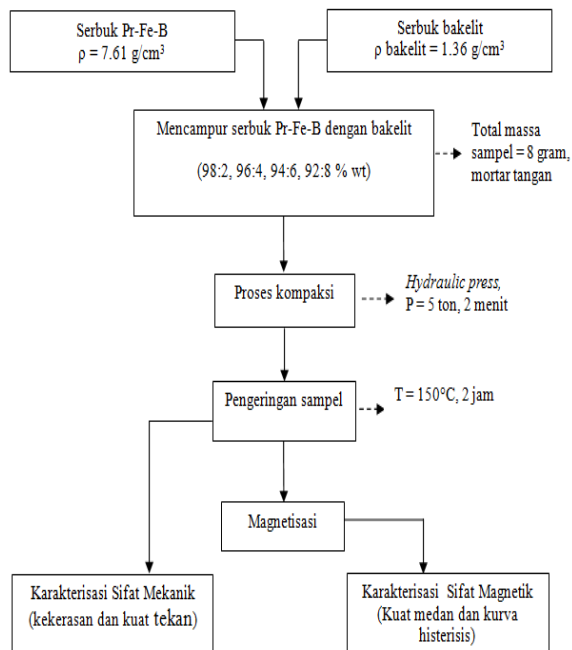
Perkembangan magnet permanen saat ini sangat difokuskan untuk magnet permanen energi tinggi. Salah satu bahan magnet permanen yang dapat menghasilkan energi tinggi tersebut adalah dari jenis Re-Fe-B (Re = Nd, Pr). Bahkan magnet permanen berbasis Nd-Fe-B telah menghasilkan energi produk mencapai 50 MGOe. Magnet permanen berjenis Re-Fe-B ini terbuat dari paduan logam tanah jarang berjenis Neodymium atau Praseodymium, logam Besi, dan Boron dengan fasa magnet $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ atau $\text{Pr}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ yang memiliki struktur kristal tetragonal. Kelebihan lain dari magnet permanen berbasis Re-Fe-B ini adalah memiliki Induksi magnet saturasi yang tinggi mencapai 1,6 T atau 16 kG, dengan induksi remanensi tertinggi saat ini mencapai 1,53 T atau 15,3 kG dalam bentuk sintered magnet [5].

Tujuan penelitian ini adalah membuat dan menganalisis sifat magnet dan mekanik dari magnet bonded Pr-Fe-B dengan matriks bakelit.

2. METODOLOGI

Pada penelitian ini digunakan serbuk magnet *Praseodymium Iron Boron* (Pr-Fe-B) komersil type MQEP 16-7, produksi Magnequench dan serbuk Bakelit produksi PT Brataco Chemical.

Tahap yang dilakukan pada pembuatan *bonded* magnet Pr-Fe-B – resin epoksi dapat dilihat pada diagram alir berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan *bonded* magnet Pr-Fe-B dengan perekat bakelit

Dari diagram alir pada gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa tahap pembuatan *bonded* magnet Pr-Fe-B dengan *binder* resin epoksi meliputi tahap pencampuran bahan baku, proses kompaksi, pengeringan sampel, dan magnetisasi. Pada tahap pertama, yaitu tahap pencampuran bahan baku, serbuk *Praseodymium Iron Boron* (Pr-Fe-B) komersil type MQEP 16-7 dan serbuk bakelit ditimbang dengan variasi komposisi serbuk bakelit 2 %, 4 %, 6 %, dan 8 % berat dari massa total 8 gram menggunakan neraca digital. Kemudian dilakukan pencampuran bahan baku Pr-Fe-B dengan bahan baku *binder* menggunakan mortar tangan. Serbuk hasil pencampuran kemudian dicetak dalam *moulding dies* dengan diameter 20mm menggunakan sistem

hydraulic press dengan beban tekan 5 ton ditahan selama 2 menit. Setelah pencetakan dilakukan proses *curing* menggunakan oven dengan temperatur 150 °C dalam waktu 2 jam.

Kemudian sampel dimagnetisasi menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Impulse magnetizer K-Series* dengan tegangan 1500 volt dan arus yang dihasilkan sekitar 5,25 – 5,30 kA. Sampel yang telah selesai dimagnetisasi tersebut selanjutnya dikarakterisasi sifat magnetnya. Sementara untuk pengujian sifat mekanik, sampel tidak perlu dimagnetisasi sebelumnya.

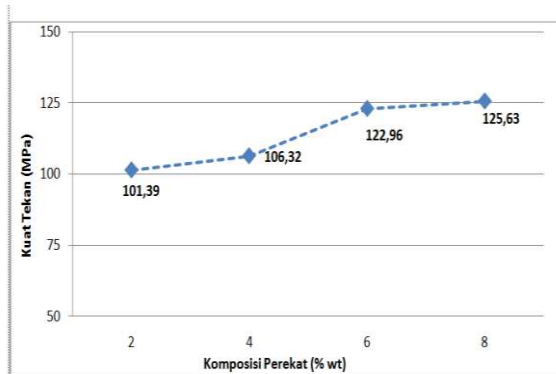
Karakterisasi sifat magnet yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat medan magnet sampel menggunakan *Gaussmeter* dan pengujian remanansi, koersivitas, maupun energi produk sampel yang ditampilkan pada kurva histerisis magnet menggunakan *Magnet-Physic Dr. Steingroever GmbH Permagraph C*.

Karakterisasi sifat mekanik yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan (*compressive test*) menggunakan Universal Testing Machine dan pengujian kekerasan dengan metode Brinell.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan sampel *bonded* magnet Pr-Fe-B dengan perekat bakelit selanjutnya diukur kekuatannya menggunakan Universal Testing Machine. Hasil pengukuran tersebut kemudian diplot dalam grafik seperti ditunjukkan pada gambar 2.

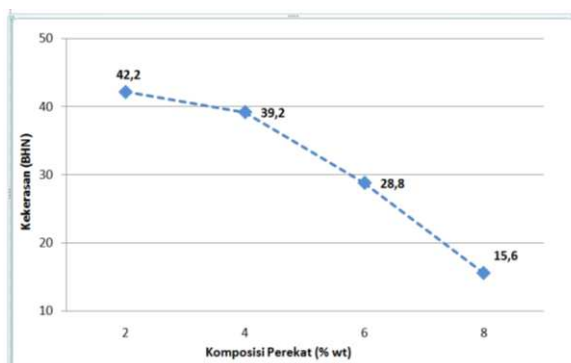
Pada grafik ditunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kuat tekan sebanding dengan peningkatan jumlah komposisi perekat bakelit. Komposisi optimum untuk mendapatkan nilai kuat tekan terbaik ditunjukkan pada sampel dengan komposisi bakelit sebesar 8 % berat. Pada komposisi ini didapat nilai kuat tekan sampel sebesar 125,63 Mpa.



Gambar 2. Grafik pengukuran kuat tekan *bonded magnet* Pr-Fe-B dengan perekat bakelit

Peningkatan ini disebabkan selama proses kompaksi terjadi gaya ikat yang sangat baik antara serbuk bakelit dan serbuk Pr-Fe-B. Dari penelitian lain diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik magnet bonded, antara lain bentuk partikel, nilai tekanan saat proses kompaksi dan teknologi pembuatan. Namun faktor terpenting adalah pada jenis dan komposisi polimer yang digunakan [1,4]

Selanjutnya sampel juga diukur nilai kekerasannya. Pada penelitian ini digunakan metode Brinell untuk mengukur kekerasan. Hasil pengukuran juga diplot dalam grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



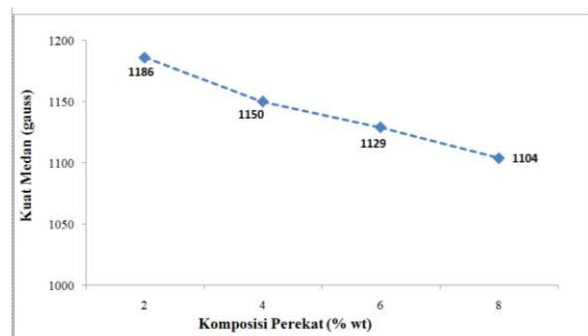
Gambar 3. Grafik pengukuran kekerasan *bonded magnet* Pr-Fe-B dengan perekat bakelit

Dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai kekerasan cenderung menurun dengan bertambahnya jumlah komposisi polimer pada *bonded magnet* Pr-Fe-B. Penurunan nilai kekerasan ini terjadi karena adanya bahan polimer yang memiliki karakteristik

kekerasan yang cukup rendah sehingga nilai kekerasan akan menurun seiring bertambahnya komposisi polimer pada *bonded magnet* tersebut. Nilai kekerasan optimum diperoleh saat komposisi polimer 2%, yaitu 42.2 BHN.

Semakin tinggi nilai kekerasan suatu bahan maka bahan tersebut akan semakin *brittle* (rapuh) sehingga nilai kekerasan yang rendah merupakan sifat yang menguntungkan bagi bahan *bonded magnet*.

Pada proses selanjutnya dilakukan magnetisasi pada sampel bonded magnet. Hasil proses pemagnetan tersebut kemudian diukur nilai kuat medan magnetnya menggunakan Gaussmeter. Rata-rata hasil pengukuran kuat medan magnet dari masing-masing komposisi bakelit diplot pada grafik dan ditunjukkan pada gambar 4.

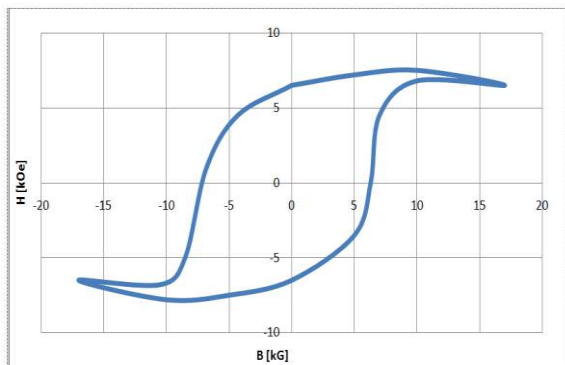


Gambar 4. Grafik pengukuran kuat medan magnet pada *bonded magnet* Pr-Fe-B dengan perekat bakelit

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa penambahan komposisi bakelit menyebabkan penurunan kuat medan magnet. Hal ini dikarenakan berkurangnya komposisi serbuk Pr-Fe-B pada campuran tersebut. Kuat medan magnet tertinggi didapat pada komposisi serbuk bakelit 2 % berat, yaitu 1186 gauss. Nilai tersebut terus menurun seiring bertambahnya komposisi resin epoksi pada magnet *bonded* Pr-Fe-B. Bertambahnya komposisi bahan non-magnet (bakelit) tentu menyebabkan berkurangnya komposisi serbuk magnet Pr-Fe-B. Hal ini yang mengakibatkan kuat medan magnet bonded Pr-Fe-B menurun.

Sampel magnet *bonded* Pr-Fe-B selanjutnya dianalisis sifat magnet

intrinsiknya menggunakan Permagraph C. Hasil karakterisasi yang dihasilkan antara lain induksi remanensi (B_r), koersivitas intrinsik (H_c), dan energi produk magnet (BH_{max}). Karakterisasi sifat magnet intrinsik ini dilakukan pada sampel magnet *bonded* Pr-Fe-B dengan binder bakelit pada komposisi binder 2 % berat. Hal ini dilakukan berdasarkan nilai kuat medan magnet sampel maksimum yang dihasilkan. Kurva histeresis dari sampel magnet ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Histeresis sampel *bonded magnet* Pr-Fe-B dengan komposisi bakelit 2 % berat

Pada kurva histeresis di atas, terlihat bahwa magnet *bonded* Pr-Fe-B dengan matriks resin epoksi merupakan *hard magnetic material* (material magnet permanen). Bahan magnet keras (magnet permanen) ditandai dengan nilai koersivitas H_c di atas 200 Oe, dimana H_c ini menyatakan besar medan magnet balik yang dibutuhkan untuk meniadakan kemagnetan suatu bahan. Sedangkan untuk kekuatan magnet (*magnetic field*) ditentukan oleh besarnya remanensi (B_r) dari suatu bahan, yaitu induksi magnet yang tersisa di dalam bahan setelah pengaruh medan magnet luar diiadakan. Kedua besaran ini secara langsung dapat dilihat dari kurva histeresis.

Energi produk maksimum (BH_{max}) dari magnet tersebut dihasilkan dari nilai maksimal hasil perkalian antara B dan H pada kuadran kedua kurva histeresis. Semakin tinggi nilai remanansinya, maka gaya koersif dan loop histeresis semakin “gemuk” dan semakin besar pula produk energinya [6]. (BH_{max}) merupakan sifat

yang paling utama dari suatu magnet permanen yang menunjukkan energi per satuan volume magnet yang dipertahankan di dalam magnet. Besaran ini diturunkan dari kurva kuadran kedua (kurva demagnetisasi) dari kurva histeresis sehingga diperoleh kurva (BH) yaitu perkalian antara B dan H sebagai fungsi H . Jadi kurva (BH) sebagai fungsi H tersebut tidak lain adalah tempat kedudukan titik-titik luasan di bawah kurva demagnetisasi [7].

Tabel 1. Karakteristik magnet intrinsik sampel *bonded magnet* Pr-Fe-B dengan komposisi bakelit 2 % berat

No	Polimer	B_r (kG)	H_cJ (kOe)	(BH) $_{max}$ (MGOe)
1	Bakelit 2%	6.63	6.962	7.98

4. KESIMPULAN

Telah dibuat magnet permanen *bonded* Pr-Fe-B menggunakan perekat bakelit dengan variasi komposisi binder 2, 4, 6 dan 8 % berat. Berdasarkan karakterisasi yang dilakukan dihasilkan magnet *bonded* Pr-Fe-B dengan kualitas terbaik yang diperoleh dari komposisi bakelit 2 % berat dengan suhu proses *curing* sebesar 150 °C. Karakteristik yang ditunjukkan sifat magnet antara lain kuat medan magnet rata-rata, induksi remanensi, koersivitas, dan energi produk maksimum berturut-turut sebesar 1186 Gauss, 6,63 kG, 6,962 kOe, dan 7,98 MGOe. Selain itu, sifat mekanik yang dimiliki oleh *bonded magnet* Pr-Fe-B dengan penambahan bakelit dengan komposisi 2 % berat memberikan nilai kekerasan 42,2 BHN dan nilai kuat tekan sebesar 101,39 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Drak, M, et al. Manufacturing of Hard Magnetic Composite Materials Nd-Fe-B. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2008. 31(1). 91-96
- [2] Deswita, Pembuatan dan Karakterisasi *Rigid Bonded* Magnet Berbasis Logam Tanah Jarang (Nd-Fe-B) Berperekat Resin Epoksi, *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 2007. 126-131
- [3] Jasna Stajic-Trosic, et.al. 2011. Magnetic and Dynamic Mechanical Properties of Nd-Fe-B Composite Materials with Polymer Matrix, Metal, Ceramic and Polymeric Composites for Various Uses, Dr. John Cuppoletti (Ed.), ISBN: 978-953-307-353-8, InTech.
- [4] Dobrzanski, L.A, et.al. Mechanical Properties and The Structure of Magnetic Composite Materials. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2006. 18(1-2). 79-82
- [5] Kurniawan, Candra, Ayu Yuswita, dan Muljadi, Pembuatan Rigid Bonded Magnet Berbasis Pr-Fe-B untuk Komponen Generator Listrik Mini, *Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia*, 2013. (In Press).
- [6] Sudirman, Analisis Sifat Mekanik Magnet Komposit Berbasis Heksaferit dengan Matriks Resin epoksi dan Epoksi pada Penambahan Aditif Silan, *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 2003. 5 (1) 39-44
- [7] Manaf, Azwar, Magnet Permanen. Laporan SINAS 2013 - Intensif Course on Magnetism and Magnetic Material, 1-21.
- [8] Sardjono, Priyo, Inovasi Teknologi Pembuatan Magnet Permanen Untuk Membangun Industri Magnet Nasional, *Prosiding InSINas*, 2012, 102-108